

短波电台干扰无线电高度表电磁兼容研究与整治

崔莹

内蒙古赤峰市国防动员办公室

DOI:10.32629/etd.v6i11.17474

[摘要] 短波电台与无线电高度表的电磁兼容问题关乎航空飞行安全。本文首先分析了短波电台与无线电高度表的工作原理及所处的电磁环境,指出短波电台发射的电磁波可能通过多种方式干扰无线电高度表。接着阐述了短波电台对无线电高度表的同频、邻频、互调等干扰类型及对飞行安全的影响。最后从频率规划与管理、设备技术改进、电磁屏蔽与隔离、人员培训与管理等方面提出了整治措施,以保障设备正常运行和飞行安全。

[关键词] 短波电台; 无线电高度表; 电磁兼容; 研究与整治

中图分类号: V241.02 **文献标识码:** A

Electromagnetic Compatibility Research and Mitigation of Shortwave Radio Interference with Radio Altimeters

Ying Cui

Chifeng National Defense Mobilization Office, Inner Mongolia

[Abstract] The electromagnetic compatibility (EMC) issue between shortwave radios and radio altimeters is critical to aviation flight safety. This paper first analyzes the working principles of shortwave radios and radio altimeters and their respective electromagnetic environments, pointing out that electromagnetic waves emitted by shortwave radios may interfere with radio altimeters through multiple pathways. It then elaborates on the types of interference from shortwave radios to radio altimeters, such as co-channel, adjacent-channel, and intermodulation interference, and their impact on flight safety. Finally, mitigation measures are proposed from aspects including frequency planning and management, equipment technical improvements, electromagnetic shielding and isolation, and personnel training and management, to ensure normal equipment operation and flight safety.

[Key words] Shortwave Radio; Radio Altimeter; Electromagnetic Compatibility; Research and Mitigation

引言

在航空领域,短波电台作为重要的远距离通信设备,无线电高度表则为飞行提供关键高度信息,二者对飞行安全意义重大。然而,由于它们常处于同一电磁空间,短波电台发射的电磁波易对无线电高度表产生干扰,影响其正常工作,进而威胁飞行安全。因此,深入研究短波电台干扰无线电高度表的电磁兼容问题并采取有效整治措施,成为保障航空飞行安全的重要课题。

1 短波电台与无线电高度表工作原理及电磁环境分析

1.1 短波电台工作原理

短波电台主要依靠天波传播来实现远距离通信。天波传播巧妙地利用了电离层对电磁波的反射特性,使得信号能够跨越漫长的距离进行传输。其发射的电磁波频率处于3-30MHz的范围内,这一频率范围赋予了它传播距离远、覆盖范围广的显著优势,

在远距离通信中发挥着不可替代的作用。当短波电台发射信号时,会产生较强的电磁辐射^[1]。辐射强度并非一成不变,而是受到多种因素的综合影响,其中发射功率和天线增益是关键因素。发射功率越大,产生的电磁辐射强度通常也就越大,信号传播的距离和范围也就更广;天线增益越高,电磁波在特定方向的辐射能力就越强,能够更有效地将信号定向传播出去。而且,不同频段的短波电台,其电磁辐射的频谱特性存在差异。这种差异使得它们对周围电子设备产生的电磁干扰程度各不相同。例如,某些特定频段的短波电台辐射,其频率可能与附近电子设备的固有频率较为接近,更容易与之耦合,从而引发不同程度的干扰,影响其他设备的正常运行。

1.2 无线电高度表工作原理

无线电高度表的工作原理基于向地面发射无线电波并接收反射波来测量飞机与地面的垂直距离。它一般采用调频连续波

体制,发射信号的频率在一定范围内连续变化。通过精确测量发射信号与反射信号之间的频率差,并结合信号传播时间等参数,经过复杂的计算,就能准确得出飞机的高度。由于无线电高度表为飞行提供着关键的高度信息,直接关系到飞行安全,所以对信号的准确性和稳定性要求极为严苛。任何外部的电磁干扰,哪怕极其微小,都可能导致测量数据出现偏差。比如,干扰可能会使高度显示不准确,飞行员依据错误的高度信息做出错误的飞行决策,从而引发严重的安全隐患。

1.3 电磁环境分析

在航空环境中,短波电台和无线电高度表常常处于同一电磁空间。短波电台发射的电磁波可能通过直接耦合,如通过导线直接传导进入无线电高度表的接收通道;也可能通过辐射耦合,以电磁波的形式在空间传播后进入接收通道,进而干扰其正常工作。除了短波电台自身可能带来的干扰,周围其他电子设备也会产生电磁辐射,形成电磁噪声,对两者的工作产生影响。自然环境中,雷电产生的强电磁脉冲能量巨大,可能同时冲击短波电台和无线电高度表,造成通信中断或高度测量错误。此外,设备的布局和安装方式不合理也会加剧电磁干扰。例如,将短波电台天线与无线电高度表天线近距离平行放置,会增加天线间的耦合干扰,进一步影响设备的性能和可靠性。

2 短波电台对无线电高度表的干扰类型及影响

2.1 同频干扰

当短波电台发射的信号频率与无线电高度表的工作频率相同或相近时,就会产生同频干扰。这种干扰会使无线电高度表接收到的信号中混入大量来自短波电台的噪声,导致接收信号的信噪比降低。在严重的情况下,无线电高度表可能无法正确识别反射信号,从而无法准确测量飞机高度,给飞行安全带来极大隐患。例如,在短波电台密集通信的区域,如果无线电高度表的工作频率与某一短波电台频率重合,就可能出现高度测量数据跳动或不准确的情况。

2.2 邻频干扰

邻频干扰是指短波电台发射的信号频率与无线电高度表工作频率相邻,其边带噪声落入无线电高度表的接收频带内而产生的干扰。虽然邻频干扰的强度通常比同频干扰弱,但在某些情况下,仍然会对无线电高度表的性能产生显著影响^[2]。邻频干扰会使无线电高度表的接收灵敏度下降,导致其对反射信号的检测能力减弱,进而影响高度测量的精度。特别是在信号较弱的环境下,邻频干扰可能会使无线电高度表无法正常工作。

2.3 互调干扰

互调干扰是由于短波电台和无线电高度表等设备中的非线性元件相互作用,产生新的频率分量而引起的干扰。当多个不同频率的信号同时作用于非线性元件时,会产生各种组合频率的信号,其中一些组合频率可能会落入无线电高度表的接收频带内,形成互调干扰。互调干扰的频率和强度与输入信号的频率、幅度以及非线性元件的特性有关。互调干扰会使无线电高度表接收到虚假的信号,导致高度测量出现错误,甚至可能引发误报

警等情况。

2.4 干扰对飞行安全的影响

短波电台对无线电高度表的干扰会直接影响飞行安全。在起飞和降落阶段,飞机对高度的准确测量尤为重要,此时无线电高度表提供的精确高度信息是飞行员进行操作的重要依据。如果无线电高度表受到干扰,导致高度测量不准确,飞行员可能会做出错误的判断和操作,从而引发飞行事故。例如,在低高度飞行时,如果无线电高度表显示的高度比实际高度偏高,飞行员可能会过早地拉起飞机,导致飞机撞到障碍物;反之,如果显示的高度偏低,飞行员可能会延迟拉起飞机,增加触地风险。

3 短波电台干扰无线电高度表的整治措施

3.1 频率规划与管理

对短波电台和无线电高度表开展频率规划与管理是解决电磁干扰问题的基础环节。科学合理分配频率资源至关重要。需对两者工作频率进行详细调研与分析,依据不同地区、应用场景需求制定专门分配方案。在航空活动频繁区域,为无线电高度表预留特定频率段,保障其不受短波电台干扰。比如,某些繁忙机场周边,航空飞行高度测量依赖无线电高度表,预留专属频段能确保其稳定工作^[3]。严格管理短波电台频率使用,限制其在特定频率上的发射功率与占用时间。规定短波电台在特定频段发射功率不得超过一定数值,且每次通信占用时间有限制,以此减少对其他设备的干扰。建立完善频率监测机制不可或缺。构建实时监测系统,在关键区域设置监测站点,配备先进监测设备,对短波电台和无线电高度表工作频段电磁环境动态监测分析。一旦发现频率冲突或异常干扰,迅速采取措施。如监测到某短波电台发射信号干扰无线电高度表,立即要求该电台调整频率或降低发射功率。通过这种方式,能及时发现并处理干扰问题,保障设备正常运行。

3.2 设备技术改进

设备技术改进是提升抗干扰能力的关键途径,涵盖短波电台和无线电高度表两方面。短波电台技术改进方面,进行技术升级是首要任务。采用先进调制解调技术,如数字调制技术,可提高信号频谱利用率,减少不必要频率分量。传统模拟调制方式会产生较多边带信号,占用更多频谱资源,而数字调制能更精准控制信号频谱,降低带外辐射。安装高性能滤波器也十分必要,它能够有效抑制发射信号中的谐波和杂散信号。在短波电台发射链路中加入特定滤波器,可滤除特定频率范围的杂散信号,减少对其他设备的干扰。优化天线设计能提高天线方向性和增益,减少电磁波无用辐射。通过改进天线结构和材料,使天线能量更集中向特定方向辐射,降低对周围环境的电磁污染。无线电高度表技术改进重点在于增强抗干扰能力。采用自适应滤波技术,根据接收信号实际情况自动调整滤波器参数,有效滤除干扰信号。在复杂电磁环境下,接收信号包含多种干扰成分,自适应滤波器能实时分析信号特征,动态调整滤波参数,提高接收信号信噪比。引入先进信号处理算法,如相关检测算法、频谱分析算法等,可提高对反射信号的识别和提取能力。相关检测算法能通过已知

信号模板对比,准确识别反射信号;频谱分析算法能分析信号频谱特征,区分真实反射信号和虚假干扰信号。采用冗余设计也是重要手段,增加备用接收通道和数据处理模块,当主通道受干扰时,及时切换到备用通道,确保无线电高度表正常工作^[4]。在飞机飞行过程中,若主接收通道受强干扰无法正常工作,备用通道能迅速接替,保证高度测量数据准确可靠。

3.3 电磁屏蔽与隔离

电磁屏蔽与隔离能有效减少短波电台和无线电高度表之间的电磁干扰。电磁屏蔽设计方面,对设备进行电磁屏蔽是阻止电磁波泄漏和耦合的重要措施。为短波电台发射机和接收机安装金属屏蔽罩,金属屏蔽罩能反射和吸收电磁波,减少其向外辐射。在短波电台机箱内,为发射机和接收机分别安装金属屏蔽罩,能有效降低设备内部电磁干扰对外部的影响,同时防止外部电磁干扰进入设备内部。为无线电高度表接收天线和信号传输电缆采用屏蔽性能良好的材料,如屏蔽电缆外层包裹金属编织层,能有效防止外部电磁干扰进入接收系统,保证信号传输质量。设备安装时,要注意屏蔽罩接地良好,确保屏蔽效果。若屏蔽罩接地不良,电磁波会在屏蔽罩上产生感应电流,形成二次辐射,反而加重干扰。空间隔离与布局优化也不容忽视。合理规划短波电台和无线电高度表安装位置,通过空间隔离减少电磁干扰。在飞机上,将两者安装在尽可能远的位置,避免电磁辐射相互影响。例如,将短波电台安装在飞机尾部,无线电高度表安装在机头附近,利用飞机机身空间实现一定程度的隔离。优化设备布局,避免设备之间电磁耦合^[5]。避免将短波电台天线与无线电高度表天线近距离平行放置,减少天线之间相互耦合干扰。若天线距离过近且平行放置,发射天线发出的电磁波会在接收天线上产生感应电压,形成干扰信号。此外,在设备之间设置电磁屏蔽板或吸收材料,能进一步降低电磁干扰传播。电磁屏蔽板可阻挡电磁波传播,吸收材料能吸收电磁波能量,减少反射和传播。

3.4 人员培训与管理

人员培训与管理是保障设备正常运行、减少电磁干扰的重要保障。加强操作人员培训,对短波电台操作人员和飞行员进行电磁兼容知识培训,提高他们对电磁干扰的认识和防范能力。培训内容应包括电磁兼容基本概念、干扰类型和产生原因、干扰识

别和处理方法等。通过培训,使操作人员正确操作设备,避免因操作不当产生电磁干扰。短波电台操作人员若不按规定设置发射频率和功率,可能产生杂散发射干扰其他设备;飞行员若不了解无线电高度表受干扰时的表现,可能无法及时采取应对措施。使飞行员及时发现无线电高度表受干扰情况并采取正确应对措施,确保飞行安全。建立设备维护管理制度,定期对短波电台和无线电高度表进行维护和检查。定期检查设备发射功率、频率准确性、天线性能等参数,确保设备工作在正常状态。例如,定期检测短波电台发射功率是否符合规定,频率是否准确,天线驻波比是否正常等。及时更换老化或损坏部件,避免因设备故障产生电磁干扰。如发现天线老化导致辐射效率降低或产生杂散辐射,应及时更换天线。建立设备维护档案,记录设备维护情况和检测数据,为设备故障诊断和电磁兼容分析提供依据。通过分析维护档案中的数据,可发现设备潜在问题,提前采取措施预防干扰发生。

4 结语

短波电台干扰无线电高度表的电磁兼容问题复杂且重要,直接关系到航空飞行的安全与稳定。通过频率规划与管理、设备技术改进、电磁屏蔽与隔离以及人员培训与管理等多方面的综合整治措施,可以有效减少干扰,保障短波电台和无线电高度表的正常运行。未来,随着航空技术的不断发展,还需持续关注电磁兼容问题,不断完善整治措施,为航空事业的安全发展提供坚实保障。

[参考文献]

- [1]金虹,张昊天.软件无线电技术在军事通信的应用与发展[J].中国军转民,2025(2):24-25.
- [2]孟昭磊,李露.某型直升机超短波电台常见故障分析[J].中国科技信息,2024(5):45-47.
- [3]李红卫.基于认知无线电的ADHOC网络智能选频技术研究[J].长江信息通信,2024,37(8):188-192.
- [4]戴银芳,许丹青.机载超短波话音空旷问题分析与排除[J].电子制作,2024,32(22):99-101.
- [5]胡博.探讨小功率短波电台架设和使用中的问题及对策[J].通讯世界,2025,32(2):166-168.